

МЕТОД ДИАГНОСТИКИ СКЛОННОСТИ К АНГИОСПАЗМУ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНО-ТКАНЕВЫХ СИСТЕМ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

*Method of Diagnosis of the Tendency to Angiospasm of the Microcirculatory-tissue Systems
of the Upper Limbs*

Дрёмин В.В., Дунаев А.В., Новикова И.Н.

ФГБОУ ВПО «Государственный университет — учебно-научно-производственный
комплекс», г. Орел,

Новикова И.Н. — аспирант кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация»,
инженер-исследователь НОЦ «Биомедицинская инженерия», Дрёмин В.В. — аспирант
кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация», стажер-исследователь
НОЦ «Биомедицинская инженерия», науч. рук. в.н.с. НОЦ «Биомедицинская инженерия»,
к.т.н., доцент Дунаев А.В.

Аннотация

Предложена новая методика для исследования параметров микроциркуляторно-тканевых систем верхних конечностей, основанная на сочетанном применении неинвазивных оптических методов и провокационного воздействия в виде холодной прессорной пробы. Введены новые диагностические критерии выявления склонности к ангиоспазму.

В настоящее время для неинвазивной диагностики микроциркуляторно-тканевых систем (МТС), оценки их резервных и адаптивных возможностей применяют такие оптические технологии, как лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ), оптическая тканевая оксиметрия (ОТО) и пульсоксиметрия (ПО), совместное применение которых позволяет комплексно оценить параметры МТС организма человека. Однако несмотря на значимые преимущества данных методов актуальной остается проблема отсутствия диагностических критериев, которые позволили бы не только оценивать общее состояние МТС, но и сделали бы возможным выявление доклинической склонности к заболеваниям, связанным с их состоянием.

Для реализации данной цели было предложено использовать методы ЛДФ, ОТО и ПО совместно с провокационным воздействием в виде холодной прессорной пробы (ХПП). Были проведены экспериментальные исследования на условноздоровых добровольцах. В качестве экспериментального оборудования использовался лазерный анализатор капиллярного кровотока «ЛАКК-ОП» (ООО НПП «ЛАЗМА», Москва). Эксперимент включал в себя регистрацию трех базовых (фоновых) тестов до и после проведения ХПП длительностью 5 мин каждый. Температура воды составляла порядка 15 °С. Измерения осуществляли на коже с артериоло-венулярными анастомозами на

ладонной поверхности дистальной фаланги 3-го пальца кисти правой руки.

Анализ измеренных и расчетных параметров выявил различия в отклике и восстановлении параметров МТС на провокационное воздействие в виде ХПП. Предложены новые диагностические критерии, в основу которых лег анализ изменения показателя микроциркуляции (I_m), миогенного тонуса (МТ) и скорости потребления кислорода (ОС) в процессе проведения эксперимента, а также анализ отношения амплитуд пассивных осцилляций кровотока для оценки ее возможных причин. В случае если критерии выполнялись, то диагностировали нормальное состояние периферического сосудистого русла, при невыполнении критериев диагностировали склонность к ангиоспазму.

Так, у девушки 21 года после проведения ХПП не происходило восстановление измеренных и расчетных параметров МТС, не выполнялись предложенные критерии $\Delta I_m > 50\%$ и $\Delta \text{МТ} > 50\%$ ($\Delta I_m = -14,9\%$, $\Delta \text{МТ} = -1509,2\%$), при этом скорость потребления кислорода не достигла значения исходного уровня ($\text{ОС}_1 = 580,6$ отн. ед., $\text{ОС}_2 = 422,7$ отн. ед., $\text{ОС}_3 = 111,9$ отн. ед.). Согласно предложенной методике диагностирована склонность к ангиоспазму, при этом возможная причина связана с повышением миогенного тонуса. Полученные результаты были подтверждены стандартной процедурой реовазографии (РВГ) с примене-

нием холодной пробы (процедура проводилась в медицинском учреждении). У данного добровольца проба оказалась положительной, что может свидетельствовать о нарушениях в периферическом кровотоке. Однако следует отметить, что процедура РВГ является гораздо более длительной и неудобной для пациента и, самое главное, не может диагностировать состояние именно периферического кровотока в отличие от предложенного метода.

Таким образом, применение предложенного метода и диагностических критериев позволяет выявлять доклинические нарушения в МТС, например склонность к ангиоспазму, что имеет важное значение при исследовании предрасположенности и оценке патогенеза заболеваний, связанных с нарушением регуляторных механизмов микроциркуляции и ангиоспастической направленностью микрососудистых расстройств конечностей.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ГИСТЕРЕЗИСА В НАНОРАЗМЕРНЫХ ФУЛЛЕРЕНОВЫХ ПЛЕНКАХ

Mathematical Model of Elastic-plastic Hysteresis in Nanoscale Fullerene Films

Ещенко А.В., Семёнов А.М.

Воронежский государственный университет

Аннотация

В работе рассматривается математическая модель упругопластического гистерезиса в наноразмерных фуллереновых пленках. Была построена модель Бука-Вена упругопластического гистерезиса, лежащего в основе эффекта регенерации материала с использованием уравнения Колмогорова-Чапмана для описания состояния покрытия. Были определены численные значения параметров модели Бука-Вена, при которых наблюдается экспериментальное возникновение гистерезиса.

В работе была рассмотрена математическая модель упругопластического гистерезиса и была проведена идентификация параметров модели, определяющих гистерезисную кривую, наблюдаемую экспериментально. Состояние покрытия можно описать совокупностью параметров ω_1, ω_2 , которые характеризуют доли полимеризованного и неполимеризованного фуллерена соответственно. Динамика данных параметров описывается следующей системой уравнений [1]:

$$\begin{cases} \dot{\omega}_1 = -\lambda_{12} + \lambda_{21}\omega_2, \\ \omega_1 + \omega_2 = 1, \end{cases}$$

где $\lambda_{12}, \lambda_{21}$ — интенсивность перехода из одного состояния в другое,

$$\begin{cases} \lambda_{12} = c_1 + c_2 F(t), \\ \lambda_{21} = c_1, \end{cases}$$

где c_1, c_2 — безразмерные произвольные постоянные; $F(t)$ — действующая сила следующего вида:

$$F(t) = \begin{cases} at, & t \in \left[0; \frac{T}{2}\right]; \\ -a(t-T), & t \in \left[\frac{T}{2}; T\right], \end{cases}$$

где T — период.

Таким образом, была составлена следующая система дифференциальных уравнений, описывающих динамику поведения математической модели упругопластического гистерезиса [2] под некоторым воздействием:

$$\begin{cases} \Phi_{bw}(x, t) = \alpha kx(t) + (1-\alpha)Dkz(z), \\ z = \dot{D}^{-1}(A\dot{x}) - \beta|\dot{x}||z|^{n-1}z - \gamma\dot{x}|z|^n, \end{cases}$$

где \dot{z} — производная по времени; $n \geq 1, D > 0$ — постоянное смещение; α — коэффициент жесткости, $0 < \alpha < 1$; x — смещение; $\Phi_{bw}(x, t)$ — суперпозиция закона Гука $\alpha kx(t)$ и гистерезисной компоненты $(1-\alpha)Dkz(z)$; α, β, γ — безразмерные коэффициенты, определяющие форму и размер гистерезисной петли; n — скалярная величина

Операторная трактовка гистерезисных нелинейностей подробно рассматривается в работе Красносельского М.А., Покровского А.В. [3].